Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 8570547
Centre d'intérêt: 640

Rousse, Bernard François.

Fondements théoriques d'un système d'E.A.O. conceptuel / B. F. Rousse, J.-F. Cloutier, H. D. Stolovitch. -- Montréal : Université de Montréal, Programme de perfectionnement des maîtres en enseignement professionnel, 1985, c1983.
ii, 36 p. ; 28 cm.

Ss-titre: Critères de pertinence d'utilisation de l'E.A.O. en apprentissage conceptuel & conditions de développement d'un système tutoriel interractif pour ce faire. "Rapport technique III (82/MPS/02-PPMEP 09)". Résumé: p. ii. Bibliogr.: p. 26-33. Index: p. 34.

Descripteur(s): *Enseignement assisté par ordinateur *Matériel didactique *Technologie éducative *Secondaire (Niveau)

Identificateur(s) de sujet: *Apprentissage de concepts *Intelligence artificielle

Le document fait la synthèse des implications théoriques de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO), établit des critères de pertinence pour l'utilisation de l'EAO dans l'enseignement de concepts et définit les conditions minimales de développement d'un système tutoriel d'EAO pour l'apprentissage conceptuel.

L'étude comprend trois parties. Les auteurs se demandent d'abord si les utilisations actuelles des micro-ordinateurs présentent des caractéristiques pertinentes à la mise en application efficiente d'un modèle didactique et diagnostique rigoureux pour l'apprentissage conceptuel. Ils se demandent ensuite si les systèmes d'EAO classiques, encore largement utilisés sur de plus gros systèmes, offrent les conditions nécessaires à une telle mise en application. Ils cherchent à savoir, enfin, si l'on peut envisager d'autres types d'EAO qui permettent de répondre adéquatement aux conditions spécifiques requises par ce type d'apprentissage et qui favoriseraient le travail de développement de matériel éducatif, en terme de design.

Aucun des systèmes actuels (LOGO, géométrie Tortue, Mycin, etc.) n'a été développé en vue d'une approche didactique pour l'apprentissage conceptuel. Néanmoins, chacun de ces systèmes apporte une contribution à l'un ou l'autre des multiples domaines de l'intelligence artificielle. De nombreuses recherches restent à faire dans ce domaine, où une collaboration étroite devra naître entre informaticiens, didacticiens et technologues de l'éducation, avant que des systèmes tutoriels effectifs deviennent accessibles aux éducateurs et aux étudiants.

Type de document: r
Financement: Bénéficiaire - Université de Montréal
Organisme(s) source(s) - MEQ-DGERU
Programme(s) de subvention - PPMEP

EDUQ 8570547

FONDEMENTS THEORIQUES D'UN SYSTEME D'E.A.O. CONCEPTUEL

(CRITERES DE PERTINENCE D'UTILISATION DE L'E.A.O. EN APPRENTISSAGE CONCEPTUEL & CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME TUTORIEL INTERRACTIF POUR CE FAIRE)

ROUSSE B.F.
CLOUTIER J-F.
STOLOVITCH H.D.

DECEMBRE 1983

Rapport Technique III

(82/MPS/02-PPMEP 09)

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DES MAITRES EN ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL

UNIVERSITE DE MONTREAL * FACULTE DES SCIENCES DE L'EDUCATION

EAOIA.TIT: 20/02/85

EDUQ 8570547

FONDEMENTS THEORIQUES D'UN SYSTEME D'E.A.O. CONCEPTUEL

(CRITERES DE PERTINENCE D'UTILISATION DE L'E.A.O. EN APPRENTISSAGE CONCEPTUEL & CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME TUTORIEL INTERRACTIF POUR CE FAIRE)

ROUSSE B.F.
CLOUTIER J-F.
STOLOVITCH H.D.

DECEMBRE 1983

Rapport Technique III

(82/MPS/02-PPMEP 09)

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DES MAITRES
EN ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL

UNIVERSITE DE MONTREAL * FACULTE DES SCIENCES DE L'EDUCATION

EAOIA.TIT: 20/02/85

NOTE

Ce texte fait partie des documents produits dans le cadre du projet de recherche PPMEP(82/MPS/02), réalisé entre janvier 1983 et mai 1985, ayant pour titre:

"ELABORATION & EXPERIMENTATION D'UN MODELE DIDACTIQUE INFORMATISE POUR L'APPRENTISSAGE DE CONCEPTS TECHNOLOGIQUES ABSTRAITS CHEZ DES ETUDIANTS DU SECTEUR PROFESSIONNEL".

Cette recherche a pu être menée grâce à une subvention du Ministère de l'Education du Québec (PPMEP).

Ce projet a été supervisé et dirigé par:

. Harold STOLOVITCH, *Directeur du projet et Professeur agrégé en Technologie éducationnelle, Université de Montréal.*

. Viateur LEMIRE, *co-irecteur du projet et Responsable du programme PPMEP, Faculté des Sciences de l'éducation, Université de Montréal.*

A:NOTEDIT

Table des matières

Sommaire ii

Introduction 01

Pertinence d'utilisation du micro-ordinateur pour l'apprentissage conceptuel 04

Insuffisances de l'E.A.O. classique. 10

Possibilités offertes par l'intelligence artificielle 15

Critères de développement d'un système d'E.A.O. conceptuel 22

Bibliographie. 26

Index. 34

Annexe: *Note sur PLATO* 35

* * * * *

SOMMAIRE

LES UTILISATIONS ACTUELLES DES MICRO-ORDINATEURS PRESENTENT-ELLES DES CARACTERISTIQUES PERTINENTES A LA MISE EN APPLICATION EFFICIENTE D'UN MODELE DIDACTIQUE ET DIAGNOSTIQUE RIGOUREUX POUR L'APPRENTISSAGE CONCEPTUEL?

NOTAMMENT, LES SYSTEMES D'E.A.O. CLASSIQUES, ENCORE LARGEMENT UTILISES SUR DE PLUS GROS SYSTEMES, OFFRENT-ILS LES CONDITIONS NECESSAIRES A UNE TELLE MISE EN APPLICATION?

SINON, PEUT-ON ENVISAGER D'AUTRES TYPES D'E.A.O. PERMETTANT DE REPONDRE ADEQUATEMENT AUX CONDITIONS SPECIFIQUES REQUISES PAR CE TYPE D'APPRENTISSAGE ET FAVORISANT LE TRAVAIL DE DEVELOPPEMENT DE MATERIEL EDUCATIF, EN TERME DE DESIGN?

LE PRESENT DOCUMENT VISE A PRECISER LA REPONSE A CES QUESTIONS ET DEFINIR LES CRITERES DE PERTINENCE ET LES CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME TUTORIEL D'E.A.O. POUR L'APPRENTISSAGE CONCEPTUEL.

* * * * *

INTRODUCTION

Les difficultés relevées par les éducateurs, les psychologues de l'apprentissage et certains technologues de l'éducation, en ce qui concerne les apprentissages cognitifs complexes (1), et spécifiquement l'apprentissage de CONCEPTS, amènent à se demander si l'accessibilité et la puissance de traitement croissantes du MICRO-ORDINATEUR sont de nature à favoriser le développement de DIDACTICIELS efficaces pour améliorer ce type d'apprentissage.

Nous pouvons néanmoins nous demander si la soudaine et récente frénésie du monde de l'éducation et des technologues de l'éducation pour le micro-ordinateur et les A.P.O. - Applications Pédagogiques de l'Ordinateur - n'est pas autre chose qu'une nouvelle utopie de "*panacée pédagogique*", du genre de celle que nous a apporté l'audio-visuel avec les années "70".

(1)- cf. Typologie de Markle(1983)

Si nous voulons éviter de répéter les erreurs commises dans le domaine audio-visuel et le constat d'inefficience qui en a résulté, il est important d'étudier les facteurs de pertinence liés à l'utilisation possible du micro-ordinateur dans la conception de matériel éducatif.

En ce qui concerne les "*apprentissages cognitifs de niveau supérieur*" - notamment l'apprentissage conceptuel - les caractéristiques et les possibilités d'utilisation des micro-ordinateurs offrent-elles une pertinence réelle pour la mise en application d'un modèle didactique et diagnostique rigoureux et efficace? Ce sera notre premier point d'analyse.

Un deuxième point consistera à déterminer l'applicabilité et la viabilité des modèles de programmation utilisés en E.A.O. - Enseignement Assisté par Ordinateur - pour l'apprentissage conceptuel.

Les systèmes d'E.A.O. classiques, tels que ceux utilisés sur de plus gros systèmes - comme PLATO - ou tels qu'ils sont encore largement privilégiés par les développeurs de DIDACTICIELS, ne semblent pas avoir démontré une efficacité accrue pour les apprentissages de haut niveau.

Plusieurs chercheurs - notamment CARBONNELL(1970), GAGNE(1981), PAPERT(1981), PEUCHOT(1982), WAGER(1982), - ont démontré les insuffisances fondamentales de ces systèmes pour l'enseignement de tâches complexes.

Les développements récents en INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (*BARR/FEIGENBAUM, 1982; DUDA/GASHING, 1981; PAPERT, 1981; STEVENS COLLINS, 1977*), dont les rares applications en éducation sont illustrées notamment par les systèmes LOGO de Seymour PAPERT et E.G.O. de Maurice PEUCHOT, présentent-ils, alors, un outil plus adéquat pour la modélisation d'un système complexe répondant aux exigences didactiques et diagnostiques de l'apprentissage conceptuel? Cela sera notre troisième point d'analyse.

Si oui, nous tenterons, à partir des recherches existantes (*MERRILL/TENNYSON, 1977; PARK, 1981; TENNYSON, 1981; TENNYSON/PARK, 1980*), de dégager, parmi les critères requis pour le développement d'un tel MODELE INFORMATIQUE d'apprentissage conceptuel, ceux qui paraissent les plus pertinents au travail de design du technologue de l'éducation.

* * * * *

PERTINENCE D'UTILISATION DU MICRO-ORDINATEUR POUR L'APPRENTISSAGE CONCEPTUEL

L'hypothèse d'utilisation du micro-ordinateur comme médium de structuration et de gestion de l'apprentissage conceptuel - c'est-à-dire de l'acquisition de concepts (2) - est soutenue a priori par les faits suivants:

- *les nombreuses difficultés rencontrées en éducation au sujet de l'apprentissage conceptuel;*
- *l'importance majeure que joue ce type d'apprentissage dans tous les domaines de formation et d'enseignement;*
- *la complexité des caractéristiques didactiques et diagnostiques requises par un modèle d'instruction efficace de ce type spécifique d'apprentissage.*

Plusieurs auteurs - notamment GAGNE(1981), PARK(1981), TENNYSON(1981) et WAGER(1982) - ont proposé des modèles pour le désign d'E.A.O. lié au domaine de l'apprentissage conceptuel.

(2)- cf. Markle,1983 et Document de travail n° XVII;

L'une des caractéristiques communes de ces modèles est qu'ils s'appuyent sur les "*conditions d'apprentissage*" définies par la théorie cognitive du traitement de l'information de Gagné(1974, 1977).

Une autre de leurs caractéristiques communes est qu'ils présentent des variations des ALGORITHMES de base des systémes d'E.A.O., fondés sur la méthodologie de l'ENSEIGNEMENT PROGRAMME classique.

Gagné(1981) propose une amélioration de la procédure algorithmique "*tutorielle*" classique (*3*), en y incorporant les "*événements d'instruction*" qu'il a préalablement explicité (*Gagné, 1977*).

Wager(1982) passe en revue les quatre catégories "*majeures*" d'E.A.O. - tutorat, exercice et pratique, simulations, jeux - et étudie les algorithmes correspondant, basés sur la théorie cognitive de Gagné(1974,1977). Il souligne qu'aucun des algorithmes classiques ne fournit les spécifications suffisantes à l'apprentissage conceptuel et que seul un algorithme "*tutoriel*" tenant compte des "*événements externes*" définis par Gagné peut être acceptable: les autres algorithmes - notamment de simulations et jeux - ne peuvent tenir compte que d'une faible part des exigences de l'apprentissage conceptuel et représentent le plus souvent, selon lui, une simple forme déguisée du type "*exercice et*

pratique".

De plus, Wager(1982) dénonce la carence typique de la plupart des programmes d'E.A.O., qu'il attribue au fait que la forte demande de logiciel d'enseignement encourage de nombreux programmeurs, non concernés par l'application des principes théoriques de désign d'instruction, à écrire des "*didacticiels*".

Park(1981) et Tennyson(1981) proposent des stratégies et des règles de désign d'E.A.O. plus élaborées pour l'apprentissage conceptuel. Le point commun entre les modèles présentés par ces auteurs est de tenir compte des implications didactiques et diagnostiques du modèle de Markle/Tiemann(1972,1977) (*4*) en ce qui concerne la présentation d'exemples et non-exemples et l'identification des erreurs-types d'apprentissage conceptuel et de se fonder sur la recherche (*Tennyson/Park,1980*).

Park(1981) propose un algorithme "*stratégique*" sensible au type de réponse fourni par l'étudiant, qu'il désigne R.S.I.S. - Response Sensitive Instructional Strategy.

(3)- cf. Gagné et al.(1981)
(4)- cf. Markle,1383

Tennyson(1981), quant à lui, définit un certain nombre de règles de structuration de l'information et de principes de désign.

Il identifie notamment trois niveaux de la structure informationnelle, basés sur les concepts d'I.A. (5) concernant la représentation effective de l'information dans l'ordinateur. Cette notion, selon Tennyson(1981), "*implique que l'information est fondamentalement une structure artificielle permettant la manipulation des règles de contenu gouvernant l'information*" (*p.177*).

Ainsi, pour Tennyson(1981), les trois niveaux de structure de contenu qui en découlent pour le désign d'E.A.O., en accord avec la théorie cognitive de l'apprentissage sont les suivants:

1- la structure selon la discipline (macro-externe);

2- la structure représentée dans l'enseignement selon les besoins spécifiques (macro-interne);

3- et la structure et sa perception en mémoire (micro).

(5)- l'Intelligence Artificielle.

Les différentes études présentées concernant le design d'E.A.O. pour l'apprentissage conceptuel semblent dégager deux niveaux de pertinence d'utilisation de l'ordinateur comme support tutoriel à ce type spécifique d'apprentissage.

Le premier niveau relève de la structure algorithmique des événements d'apprentissage requis en respect du modèle cognitif de Gagné(1977,1981).

Le second touche la nécessité de flexibilité didactique et diagnostique du modèle d'apprentissage conceptuel raffiné par Markle & Tiemann(1972,1977) (4). La complexité même de ce modèle, tant au plan de la présentation didactique des séries d'exemples et non-exemples qu'à celui du diagnostic des erreurs-types et de l'adaptabilité requise pour la présentation des procédures correctives, la rend relativement impraticable de façon effective sans le support et la rapidité de traitement de l'ordinateur: surtout si nous désirons tenir compte des variables liées aux différences individuelles - comme le rythme d'apprentissage, les acquis préalables ou les carences spécifiques d'apprentissage.

En résumé, la pertinence d'utiliser l'ordinateur comme support à l'apprentissage conceptuel relève apparemment des facteurs suivants:

1- *la complexité des modèles didactiques découlant de la recherche;*

2- *la nécessité d'un diagnostic rigoureux et immédiat des erreurs-types de l'étudiant;*

3- *la flexibilité d'adaptation des procédures ou stratégies correctives;*

4- *l'octroi à l'étudiant d'un feedback immédiat;*

5- *le respect de son rythme propre d'apprentissage;*

6- *l'élaboration rapide de stratégies didactiques tenant compte de ses acquis préalables et de ses carences spécifiques d'apprentissage.*

* * * * *

INSUFFISANCES DE L'E.A.O. CLASSIQUE

Même si l'on tient compte des recommandations de Gagné (1981), Park(1981), Tennyson(1981) ou Wager(1982), concernant le design didactique, il n'est pas sûr que les techniques de programmation généralement utilisées en E.A.O. s'avèrent pertinentes et effectioves, tant sur le plan didactique que sur celui d'une utilisation rationnelle de l'ordinateur. A toute fin pratique, rappelons que les techniques de désign d'E.A.O. classique(*6*) ne diffèrent en rien des principes privilégiés par les méthodologies béhavioristes de l'ENSEIGNEMENT PROGRAMME - skinnérien ou crowdérien(*7*).

Au-delà des carences didactiques de ces modèles classiques d'E.A.O. - telles que dénoncées par Gagné(1981), Park(1981), Tennyson(1981) et Wager(1982) - plusieurs chercheurs, comme CARBONELL(1970) ou PEUCHOT(1982), ont fait la critique des insuffisances de l'E.A.O. classique, non seulement sur un plan éducatif, mais aussi dans l'optique informatique.

(6)- les modèles béhavioristes, en comparaison des modèles "cognitivistes";
(7)- CROWDER(1962);

Carbonell(1970), se basant sur sa recherche (*8*) montrant la "*faisabilité*" de nouveaux types d'E.A.O. plus puissants et plus adéquats dans l'utilisation des capacités réelles de l'ordinateur, montre les avantages des systèmes basés sur une application extensive des techniques d'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE sur les systèmes classiques d'E.A.O.

Il propose la distinction entre deux types d'E.A.O., identifiés respectivement comme A.F.O - Ad-hoc Frame Oriented - pour l'E.A.O. Classique, et I.S.O. - Information-Structure-Oriented - pour ceux utilisant l'I.A.

Selon Carbonell(1970), à la différence des systèmes A.F.O., dont "*la base de données consiste en multiples «formes» d'entités spécifiques de texte, de questions et de réponses anticipées entrées à l'avance par l'enseignant*", les systèmes I.S.O. sont basés sur "*l'utilisation d'un réseau de faits, de concepts et de procédures d'information*".

(8)- système SCHOLAR, Carbonell(1970);

Les limitations de base que Carbonell(1970) identifie, concernant l'E.A.O. tutoriel classique sont, pour l'essentiel, les suivantes:

- *l'étudiant n'a que peu ou pas d'initiative;*
- *il ne peut utiliser le langage naturel dans ses réponses;*
- *le système lui apparaît passablement rigide;*
- *l'enseignant porte un fardeau considérable pour la préparation des questions, des réponses, des mots-clés et du branchement;*
- *du point de vue du système, il contrôle l'étudiant;*
- *il est en contrepartie étroitement programmé de façon ad-hoc par l'enseignant;*
- *il n'a aucune initiative réelle, ni pouvoir de décision propre, ni "connaissance".*

En somme, selon Carbonell(1970), dans les systèmes E.A.O. de type A.F.O., "*l'ordinateur ne fait guère plus que ce que peut faire un manuel programmé, et l'on peut se demander pourquoi la machine est utilisée en fin de compte*" (*p.194*).

De son côté, Peuchot(1982) souligne que "*l'E.A.O. n'est pas, en général, perçu ni conçu de façon convenable*" (*p.87*) et que l'enseignement programmé - sur lequel il se fonde le plus souvent - est inadéquat, du fait que "*cette forme*

d'enseignement livresque a été conçue avec le livre comme support", et non l'ordinateur.

D'ailleurs, pour Peuchot(1982), la complexité même des langages de programmation utilisés en E.A.O., dont les langages dits "*d'auteur*" comme l'IIS d'I.B.M., PLATO, TUTOR, PILOT ou d'autres(*9*), ainsi que leurs insuffisances structurelles, limitent grandement l'utilisation que peuvent en faire les enseignants et les enferme dans une approche d'enseignement programmé.

Le système E.G.O.(*10*), développé par l'auteur, offre des avantages nouveaux, par rapport aux langages d'auteur courants:

- *"analyse du raisonnement" de l'étudiant, plutôt que simplement de son résultat;*
- *possibilité pour l'étudiant d'interagir avec la machine en "langage naturel" simple;*
- *aucune connaissance "informatique" n'est requise de l'enseignant pour créer les unités de programme;*
- *le système permet l'enchaînement des exercices et peut garder en "mémoire" le cheminement de l'étudiant.*

(9)- cf. Barker & Singh,1982 pour une revue détaillée;
(10)- Enseignement Géré par Ordinateur (Peuchot, 1982).

Néanmoins, les potentialités d'E.G.O. restent limitées encore au "*contrôle de connaissances déjà acquises*", c'est-à-dire aux différents types d'exercices en E.A.O. - renforcement, entraînement et contrôle - ainsi qu'aux simulations.

Les problèmes de l'ACQUISITION de connaissances avec l'ordinateur sont abordés par l'auteur, mais non encore résolus.

En somme, le problème de l'insuffisance et des carences de l'E.A.O. "*classique*" se pose aux deux niveaux suivants:

1- au <u>niveau didactique</u>, *en ce qui concerne les apprentissages cognitifs, tels que les concepts, requérant un enseignement tutoriel;*

2- au <u>niveau informatique</u>, *en raison de ces facteurs:*
- la non-utilisation adéquate des capacités effectives de l'ordinateur (diagnostique, interactivité, stratégies adaptives, etc.);
- le manque de flexibilité et d'adaptabilité de tels systèmes (programmation algorithmique linéaire, possibilité de répondre aux seules situations prédéfinies, difficulté de modification et d'ajustement des programmes).

* * * * *

POSSIBILITES OFFERTES PAR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Le système LOGO de Papert(1981) représente un des rares exemples largement disponibles, relativement à l'utilisation des techniques d'Intelligence Artificielle en éducation. Selon Papert(1981), à l'opposé des systèmes d'E.A.O. classiques, il permet à l'étudiant d'apprendre, non pas en "*étant programmé par l'ordinateur*" - ou par le biais de celui-ci -, mais "*en programmant lui-même l'ordinateur*". De ce fait, l'utilisation qui peut être faite de l'ordinateur est particulièrement flexible, et non rigide et pré-fixée, comme avec les didacticiels d'enseignement programmé.

Toutefois, son utilité se situe dans le domaine de l'apprentissage "*piagétien*", que Papert définit comme un "*apprentissage sans enseignement*". Il demeure, de ce fait, relativement inadéquat lorsqu'un enseignement formel et structuré peut être requis (*11*).

(11)- ce qui n'enlève en rien à sa pertinence par ailleurs;

Bryan(1969) proposait déjà une classification des utilisations de l'ordinateur en éducation, qui fait encore autorité (*Carbonell,1970; Barr/Feigenbaum,1982*), comprenant les trois catégories suivantes:

- *l'approche "ad-lib" ou environnementale permettant à l'étudiant une libre utilisation de la machine, avec un plein contrôle de celle-ci - LOGO appartient à cette catégorie (Feurzeig/Papert,1970; Papert,1980, 81; Abelson/diSessa,1981);*
- *l'approche des "jeux et simulations" où l'étudiant "a quelque initiative, mais reste contraint par les règles du jeu ou la logique de la simulation" - le système "SOCRATIC" (Swets/Feurzeig,1965) en représente un exemple classique;*
- *l'approche d'E.A.O. séquentiel - exercices et pratique ou tutoriel - que Carbonell(1970) identifie à l'E.A.O. classique ou de type A.F.O. - à Orientation d'Unités Ad-hoc ou anticipées.*

Suivant Howe(1973), ce troisième type se caractérise par une tentative explicite d'instigation et de contrôle de l'apprentissage. C'est dans ce cadre que Barr & Feigenbaum (1982) situent les efforts récents d'application de l'I.A. en éducation depuis les années "70" (*12*).

(12)- il s'agit de l'I.C.A.I. ou E.A.O.I. - "I" pour intelligent;

Carbonell(1970) est à l'origine du domaine de l'E.A.O. "*intelligent*" - E.A.O.I. - ou "*basé sur la connaissance*". Brown & Goldstein(1977) et Sleeman & Brown(1983) font une revue détaillée de la recherche dans le domaine.

Selon Barr & Feigenbaum(1982), un des aspects distinctifs des systèmes E.A.O.I., par rapport à l'E.A.O. classique, est "*d'entretenir un dialogue avec l'étudiant et d'utiliser les erreurs de celui-ci pour diagnostiquer ses incompréhensions*".

Pour Carbonell(1970), les domaines les plus importants de l'intelligence artificielle sont, dans l'ordre, les suivants:

1- *le domaine associé aux "structures de connaissances", qui constitue la base de l'approche Orientée vers la Structuration de l'Information - O.S.I. - qu'il propose en se fondant sur les travaux de Minsky(1968) et de Quillian(1969);*

2- *celui de la communication en langage naturel avec l'ordinateur (Bobrow,1964; Quillian, 1969; Simmons, 1970);*

3- *enfin, celui des systèmes répondant à des questions (Kellog,1968).*

Brown(1977) parle d'ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE REACTIF pour qualifier les programmes d'E.A.O.I., *"dans lesquels l'étudiant est engagé de façon active avec le système d'enseignement et où ses intérêts et ses erreurs de compréhension conduisent le dialogue tutoriel" (p.227- Barr & Feigenbaum,1982).*

Par ailleurs, Koffman & Blount(1975) ont étudié les possibilités et les limitations des premières utilisations de l'I.A., nommées *"génératives" (Wexler,1970)*, où l'effort était mis sur la génération de problèmes à partir de larges bases de données représentant le sujet étudié. Le système E.G.O. de Peuchot(1982) semble se situer, pour l'essentiel, dans cette catégorie.

Koffman & Blount(1975) soulignent à ce sujet ceci:

> *"Il n'est souvent pas suffisant de dire à l'étudiant qu'il se trompe et de lui indiquer la méthode correcte de solution. Un système intelligent d'E.A.O. devrait être capable de faire des hypothèses basées sur un historique de l'erreur de l'étudiant concernant la cause réelle d'où provient sa difficulté" (p.218).*

En ce qui concerne les systèmes tutoriels, les premiers efforts d'utilisation de l'I.A. en E.A.O. sont liés, selon Barr & Feigenbaum(1982), à la complexité croissante des programmes et se sont orientés vers la REPRESENTATION de la matière d'enseignement.

Cependant, un autre point important énoncé par Barr & Feigenbaum(1982), ainsi que par Brown(1977), est qu'un système d'I.A. "*qui est un expert dans un domaine particulier n'est pas nécessairement un expert <<enseignant>> de ce matériel*" (*p.227*) (*13*).

A partir du milieu des années "70", une seconde phase de développement des TUTEURS d'E.A.O.I. se caractérise, d'après les mêmes auteurs, par "*l'inclusion additionnelle d'expertise dans les systèmes*", en ce qui concerne notamment:

- *le comportement d'apprentissage de l'étudiant;*
- *les stratégies tutorielles (cf. Brown & Goldstein, 1977; Barr & Atkinson,1977; Burton & Brown,1979; Goldstein,1977; Clancey,1979).*

Duda & Gashing(1981) présentent une illustration relativement simple des "*systèmes d'expertise basés sur la connaissance*", qui sont désormais au coeur du développement de tout système d'E.A.O.I.

(13)- *cf. Goldberg,1973; Smith,1976; Clancey & Letsinger,1981;*

Toutefois, si l'article de Duda/Gashing(1981) offre l'avantage de rendre facilement accessible la compréhension des règles de procédures, dites "*semi-logiques*", sur lesquelles se fonde l'élaboration de tels systèmes d'expertise, il demeure très limité en terme de conception d'E.A.O.I., pour les raisons suivantes:

- *le domaine d'expertise est restreint au contenu du sujet-matière (cf. Brown,1977);*
- *l'illustration donnée, à l'aide d'un programme en B.A.S.I.C., n'est qu'un simulacre de système d'I.A., qui de ce fait en occulte toute flexibilité et toute transformabilité réelle.*

Pour finir, Carbonell(1970) identifie un certain nombre d'aspects liés aux avantages de l'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE en E.A.O.:

1- meilleures capacités d'analyse des réponses non prévues, par l'utilisation de "réseaux sémantiques (Minsky,1968; Quillian,1969);

2- capacités diagnostiques supérieures;

3- possibilité d'un mode conversationnel de question-réponses, tenant compte du contexte;

4- *il est plus facile, et moins couteux d'ajouter de l'information dans le système, que d'ajouter des questions nouvelles en E.A.O. classique.*

En conséquence, nous pouvons dégager un certain nombre de points pertinents de la littérature analysée, au sujet des avantages que permet l'I.A. dans le design d'enseignement tutoriel de concepts:

1- *une meilleure représentation sémantique des structures de connaissances impliquées (domaines conceptuels, analyse conceptuelle, génération de séries rationnelles d'exemples et non-exemples)*;

2- *des capacités diagnostiques tenant compte des spécificités de l'étudiant*;

3- *l'élaboration de stratégies adaptives de correction*.

* * * * *

CRITERES DE DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME D'E.A.O. CONCEPTUEL

En tenant compte des exigences de design conceptuel définies par Gagné(1981), Park(1981), Tennyson(1981), en termes d'E.A.O., ou par Markle(1983), en termes didactiques, ainsi que des considérations provenant de la recherche en I.A. (*Barr/Feigenbaum, 1982; Carbonell, 1970; Brown/Goldstein,1977*), il semble possible d'inférer un certain nombre de critères utiles de développement pour l'élaboration d'un système tutoriel "*intelligent*" d'E.A.O. conceptuel.

Rappelons que les insuffisances de l'E.A.O. "*classique*" pour ce faire se situent sur deux plans - un plan didactique et un plan informatique. De ce fait, deux types distincts de critères sont à prendre en compte:

1- des critères de DESIGN DIDACTIQUE, lesquels demeurent applicables pour toute acquisition conceptuelle, indépendemment de l'utilisation de l'ordinateur comme médium d'apprentissage;

2- des critères de DESIGN INFORMATIQUE, visant à une opérationnalisation optimale du MODELE DIDACTIQUE sous-jacent.

Les implications didactiques, découlant des modèles de Gagné(1977), Markle(1983) ou Tennyson/ Park(1980) ont déjà été présentées(*14*), mais les considérations mises de l'avant par Park(1981), Tennyson(1981) et Wager(1982) suggèrent fortement la nécessité d'utiliser des techniques d'I.A. pour rendre un tel système opérant.

Quant aux critères de design informatique, Barr & Feigenbaum(1982) considèrent que les composants principaux d'un système "*intelligent*" d'E.A.O. - E.A.O.I. - sont au nombre de trois:

1- un module d'EXPERTISE, concernant la structure de connaissance du sujet-matière;

2- un module du MODELE-ETUDIANT, représentant la compréhension par l'étudiant de la matière à enseigner;

3- un module TUTORIEL, spécifiant les stratégies de présentation de la matière à un étudiant spécifique.

(14)- cf. Document de travail n° XVII;

En ce qui concerne l'APPRENTISSAGE CONCEPTUEL, il paraît clair que la présence de ces trois composantes soit pertinente:

1- *la structure hiérarchique complexe d'un domaine conceptuel, même restreint, demande à être représentée par un "réseau sémantique"* et requiert donc un module *"EXPERT"*;

2- le diagnostic rigoureux des erreurs-types et des carences préalables de l'étudiant requiert un module évolutif correspondant au "MODELE-ETUDIANT";

3- la possibilité de choisir ou d'élaborer des stratégies correctives appropriées et spécifiques à chaque étudiant est lié à la présence d'un module "TUTORIEL".

La recherche en I.A., depuis 1970, a donné lieu au développement d'un certain nombre de systèmes d'E.A.O.I., tels que:

- *BUGGY (Brown/Burton,1977);*
- *EXCHECK (Suppes,1981; Smith,1976);*
- *GUIDON (Clancey, 1979a/b,1981);*
- *SCHOLAR (Carbonell/Collins et Al.,1970b);*
- *SOPHIE (Brown/Rubinstein/Burton,1976);*
- *WEST (Burton/Brown,1979);*

- *WHY (Stevens/Collins, 1977);*
- *WUMPUS (Carr/Goldstein, 1977; Goldstein, 1977, 1979).*

Toutefois aucun de ces systèmes, tout comme LOGO (*Papert, 1981*) ou la "*géométrie Tortue*" (*Abelson/DiSessa, 1981*), n'a été développé en vue d'une approche didactique pour l'apprentissage conceptuel, ni ne couvre l'ensemble des composnntes définies plus haut (*Barr/Feigenbaum, 1982*).

En résumé, selon Barr & Feigenbaum(1982), chacun de ces systèmes, ainsi que plusieurs autres - comme MYCIN (*Shortliffe, 1976*) pour le diagnostic médical - constitue une contribution à l'un ou l'autre des multiples domaines de l'I.A., qui permet d'envisager sérieusement l'importance grandissante des applications en éducation, c'est-à-dire en E.A.O.I.

Mais de nombreuses recherches restent à faire dans ce domaine, où une collaboration étroite devra naître entre informaticiens, didacticiens et technologues de l'éducation, avant que des systèmes tutoriels effectifs deviennent accessibles aux éducateurs et aux étudiants.

* * * * *

BIBLIOGRAPHIE

ABELSON,H. & DISESSA,A. 1981
TURTLE GEOMETRY: The Computer as a Medium for Exploring Mathematics, Cambridge,Mass.: M.I.T. Press

AHL,D.H. 1981
"*PLATO: Alive and Well!*", CREATIVE COMPUTING, N°10, p.130

ATKINSON,R.C. 1972
"*Ingredients for a Theory of Instruction*", AMERICAN PSYCHOLOGIST, N°27, pp.921-931

ATKINSON,R.C. & WILSON,H.A.(Eds.) 1969
COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION, N.Y.: Academic Press

BALZER,R.,ERMAN,L.D.,LONDON,P. & WILLIAMS,C. 1980
"*HEARSAY-III: A Domain-Independent Framework for Expert Systems*", Proceedings of the First Annual National Conference on Artificial Intelligence, pp.108-110

BARKER,P.G. & SINGH,R. 1982
"*Author Langages for Computer-Based Learning*", BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY, Vol. XIII,N°03, pp.169-196

BARR,A., COHEN,P.R., FEIGENBAUM,E.A. et Al. 1982
THE HANDBOOK OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Vol.I,II & III, Los Altos: W.Kaufmann & Heuristic Press

BARR,A. & ATKINSON,R.C. 1977
"*Adaptive Instructional Strategies*", in SPADA,H. & KEMPF,W.F.(Eds.), STRUCTURAL MODELS OF THINKING AND LEARNING, Berne,CH.: Hans Huber

BRYAN,G.L. 1969
"*Computers and Education*", Comp. and Automat., Vol.18,N° 3, pp.01-04

BOBROW,D.G. 1964
"*Natural Langage Input for a Computer Problem-Solving System*", Project MAC Rept.TR-1, Cambridge,Mass.: M.I.T.

BROWN,G.P. 1977
"*A Framework for Processing Dialog*", Rep.N°TR-182, Laboratory for Computer Science, M.I.T.

BROWN,J.S.,BURTON,R.R. & LARKIN,K.M. 1977
"*Representing and Using Procedural Bugs for Educational Purposes*", Proceedings: 1977 Annual Conference, ACM, Seattle, pp.247-255

BROWN,J.S. & GOLDSTEIN,I.P. 1977
"*Computers in a Learning Society*", Testimony for the House Science and Technology Subcommittee on Domestic and International Planning, Analysis, and Cooperation.

BROWN,J.S.,RUBINSTEIN,R. & BURTON,R. 1976
"*Reactive Learning Environment for Computer Assisted Electronics Instruction*", Cambridge,Mass.: BBN Rep.N°3314, Bolt,Beranek & Newmann Inc.,

BRYAN,G.L. 1969
"*Computers and Education*", Comput. and Autcmat., Vol.XVIII, N°03, pp.01-04

BURTON,R.R. & BROWN,J.S. 1979
"*An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities*", INTERNATIONAL JOURNAL OF MAN-MACHINE STUDIES, N°11, pp.05-24

CARBONELL,J.R. 1969
"*Interactive Non-Deterministic Computer-Assisted Instruction*", Proc.Internat.Symp. on Man-Machine Syst., Cambridge,England

CARBONELL,J.R. 1970
"*AI in CAI: An Artificial Intelligence Approach to Computer-Aided Instruction*", in IEEE TRANSACTIONS ON MACHINE-MAN SYSTEMS, Vol.XI, N°04, pp.190-202

CARBONELL,J.R. 1970
"*Mixed-Initiative Man-Computer Instructional Dialogues*", THESE DE DOCTORAT, Cambridge,Mass: M.I.T.

CARR,B. & GOLDSTEIN,I. 1977
"*Overlays: A Theory of Modeling for Computer Aided Instruction*", AI Memo 406, AI Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.

CLANCEY,W.J. 1979a
"*Dialogue Management for Rule-Based Tutorials*", IJCAI, Vol.VI, pp.155- 161

CLANCEY,W.J. 1979b
"*Transfer of Rule-Based Expertise Through a Tutorial Dialogue*", THESE DE DOCTORAT, Rep.N°.STAN-CS-769, Stanford University, Computer Science Dept.

CLANCEY,W.J. 1981
"*The Epistemology of a Rule-Based Expert System: A Framework for Explanation*", ARTIFICIAL INTELLIGENCE,

CLANCEY,W.J.,SHORTLIFFE,E.H. & BUCHANAN,B.G. 1979
"*Intelligent Computer-Aided Instruction for Medical Diagnosis*", Proceedings of the 3rd Symposium on Computer Application in Medical Care, pp.175-183

CLANCEY,W.J. & LETSINGER,R. 1981
"*NEOMYCIN: Reconfiguring a Rule-Based Expert System for application to Teaching*", IJCAI, N°07, pp.829-836

CROWDER,N.A. 1962
"*Intrinsic and Extrinsic Programming*", in COULSON, J.E.(Ed.), Proceedings of the Conference on Application of Digital Computers to Automated Instruction. N.Y.: Wiley, pp.58-65

DUDA,R.O. & GASHING,J.G. 1981
"*Knowledge-Based Expert Systems Come of Age*", BYTE, N°09, pp.228-279

FEURZEIG,W. & PAPERT,S. 1970
"*Programming-Languages as a Conceptual Framework for Teaching Mathematics*", INTERFACE, Vol.IV, pp.13-17

GAGNE,R.M., WAGER,W. & ROJAS,A. 1981
"*Planning and Authoring Computer-Assisted Instruction Lessons*", EDUCATIONAL TECHNOLOGY, N°09, pp.17-26

GAGNE,R.M. 1977
THE CONDITIONS OF LEARNING (3ème Ed.), N.Y.,Holt, Rinehart & Winston,

GAGNE,R.M. 1974
ESSENTIALS OF LEARNING FOR INSTRUCTION, N.Y.: Holt,Rinehart & Winston

GOLDBERG,A. 1973
"*Computer-Assisted Instruction: The Application of Theorem-Proving to Addaptive Response Analysis*", Tech.Rep.N°203, Stanford University: Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences

GOLDSTEIN,I. 1977
"The Computer as Coach: An Athletic Paradigm for Intellectual Education", AI Memo 389, M.I.T.: AI Laboratory

GOLDSTEIN,I. 1979
"The Genetic Epistemology of Rule Systems", INTERNATIONAL JOURNAL OF MAN-MACHINE STUDIES, Vol.XI, pp.51-77

HOWE,J.A.M. 1973
"Individualizing Computer-Assisted Instruction", in ELITHORN,A. & JONES,D.(Eds.), ARTIFICIAL AND HUMAN THINKING, Amsterdam,Holl.: Elsevier, pp.94-101

HUNT,E.B. 1962
CONCEPT LEARNING: An Information Processing Problem, N.Y.: John Wiley & Sons Inc., 286 p.

KELLOGG,C.H. 1968
"A Natural Langage Compiler for On-Line Data Management", Syst.Dev. Corp.SP-3160, Santa Monica,Cal.

KOFFMAN,E.B. & BLOUNT,S.E. 1975
"Artificial Intelligence and Automatic Programming in CAI", ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Vol.VI, pp.215-234

MARKLE,S.M. 1983
DESIGNS FOR INSTRUCTIONAL DESIGNERS, 2ème Ed., Champaign,Ill.: Stipes Pub.Co, 221 p.

MINSKY,M.(Ed.) 1968
SEMANTIC INFORMATION PROCESSING, Cambridge,Mass.: M.I.T. Press

PAPERT,S. 1980
MINDSTORMS: CHILDREN, COMPUTERS AND POWERFULL IDEAS, N.Y.: Basic Books

PAPERT,S. 1981
JAILLISSEMENT DE L'ESPRIT: Ordinateurs & Apprentissage, Paris: Flammarion/Père Castor, 298 p.

PAPERT,S. 1982
"*Mindstorms ou le Jaillissement de l'Esprit*", MICRO-SYSTEMES, pp.49-52

PARK,O.C. 1981
"*A Response-Sensitive Strategy in Computer-Based Instruction: A Strategy for Concept Teaching*", J. EDUCATIONAL TECHNOLOGY SYSTEMS, Vol.X,N°02, pp.187-197

PEUCHOT,M. 1982
"*L'Enseignement Assisté par Ordinateur*", MICRO-SYSTEMES, N°01, pp.87-99

QUILLIAN,M.R. 1966
"*Semantic Memory*", THESE DE DOCTORAT, Pittsburgh: Carnegie Institute of Technology

QUILLIAN,M.R. 1969
"*The Teachable Language Comprehender: a Simulation Program and Theory of Language*", Commun.Ass.Comput.Mach., Vol.XII, N°08, pp.459-476

RUDNIK,M.F. 1979
"*Now You Can Program the Computer in English*", AUDIOVISUAL INSTRUCTION, N°24, pp.36-37

SHORTLIFFE,E.H. 1976
COMPUTER-BASED MEDICAL CONSULTATIONS: MYCIN, N.Y.: American Elsevier

SIMMONS,R.F. 1970
"*Natural Langage Question-Answering Systems: 1969*", Commun.Ass.Comput.Mach., Vol.IX, pp.15-30

SIMMONS,R.F. 1970
"*On Natural Langage for Instructional Communication*", INTERFACE, Vol. IV, N°03, pp.29-30

SLEEMAN,D. & BROWN,J.S.(Eds.) 1983
INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, London: Academic Press

SMITH,R.L. 1976
"*Artificial Intelligence in CAI*", Unpublished Working paper, Stanford University: Institue for Mathematical Studies in the Social Sciences

STEVENS,A.L., COLLINS,A. & GOLDIN,S. 1978
"*Diagnosing Students' Misconceptions in Causal Models*", Cambridge, Mass.: Bolt,Beranek & Newman, 31 p.

STEVENS,A.L. & COLLINS,A. 1977
"*The Goal Structure of a Socratic Tutor*", Bolt, Beranek & Newman Inc, N°3518, 36 p.

STEVENS,A.L. & COLLINS,A. 1978
"*Multiple Conceptual Models of a Complex System*", Bolt Beranek & Newman Inc, N°3923, 34 p.

SUPPES,P.(Ed.) 198'
"*University-Level Computer Assisted Instruction at Stanford: 1968- 1980*", Stanford,Cal.: Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences.

SWETS,J.A. & FEURZEIG,W. 1965
"*Computer-Aided Instruction*", SCIENCE, Vol.CL, pp.572-576

TENNYSON,R.D. 1981
"*Interactive Effect of Cognitive Learning Theory with Computer Attributes in the Design of Computer-Assisted Instruction*", J. EDUCATIONAL TECHNOLOGY SYSTEMS, Vol.X, N°02, pp.175-185

TENNYSON,R.D. & PARK,O.C. 1980
"*The Teaching of Concepts: A Review of Instructional Design research Literature*", REVIEW OF EDUCATIONAL RESEARCH, Vol.L, N°01, pp.55-70

WAGER,W. 1982
"*Design Considerations for Instructional Computing Programs*", J. EDUCATIONAL TECHNOLOGY SYSTEMS, Vol.X, N°03, pp.261-269

WEIZENBAUM,J. 1966
"*ELIZA: A Computer Program for the Study of Natural Language Communications Between Man and Machine*", Commun.Ass.Comput.Mach., Vol.IX, N°01, pp.36-45

WEXLER,J.D. 1970
"*A Generative Teaching System that Uses Information Nets and Skeleton Patterns*", THESE DE DOCTORAT, Madison: University of Wisconsin

* * * * *

INDEX

ABELSON/DISESSA(1981)
AHL(1981)
BARKER/SINGH(1982)
BARR/ATKINSON(1977)
BARR/FEIGENBAUM(1982)
BOBROW(1964)
BROWN(1977)
BROWN/GOLDSTEIN(1977)
BURTON/BROWN(1979a)
CARBONELL(1970)
CLANCEY(1979b)
CLANCEY/LETSINGER(1981)
DUDA/GASHING(1981)
FEURZEIG/PAPERT(1970)
GAGNE(1970)
GAGNE(1974)
GAGNE(1977)
GAGNE(1981)
GOLDBERG(1973)
GOLDSTEIN(1977)
HOWE(1973)
KELLOG(1968)
KOFFMAN/BLOUNT(1975)
MARKLE/TIEMANN(1972)
MARKLE/TIEMANN(1974)
MARKLE/TIEMANN(1977)
MERRILL/TENNYSON(1977)
MINSKY(1968)
PAPERT(1980)
PAPERT(1981)
PARK(1981)
PARK/TENNYSON(1981)
PEUCHOT(1982)
QUILLIAN(1969)
SIMMONS(1970)
SLEEMAN/BROWN(1983)
SMITH(1976)
STEVENS(1978a)
SWETS/FEURZEIG(1965)
TENNYSON(1981)
TENNYSON/PARK(1980)
WAGER(1982)
WEXLER(1970)

ANNEXE

NOTE SUR PLATO

L'échec relatif en éducation du système "PLATO" - que l'on peut considérer comme le plus remarquable "éléphant blanc" des projets d'E.A.O. - est attribué essentiellement, pour Ahl (1981), au fait que les éducateurs "ne sont pas des innovateurs" et qu'ils "s'attendent à ce que les logiciels soient gratuits".

Les arguments fondant ce jugement sont probablement justifiés, mais, d'un point de vue plus éducatif et non strictement commercial, les raisons en sont apparemment plus complexes.

En premier lieu, l'une d'elles est le coût prohibitif de l'infrastructure du système, qui en a restreint considérablement l'accessibilité à une étroite "élite" d'étudiants collégiaux et universitaires.

En second lieu, aucune recherche n'a démontré sa validité, en termes d'accroissement significatif de l'efficacité d'enseignement ou d'apprentissage, ou de rapport "coût-efficacité", même si l'on admet généralement un haut niveau de "satisfaction" de la part des privilégiés y ayant eu accès - surtout en ce qui concerne la qualité des "simulations".

Sur le plan de l'apprentissage conceptuel, Plato présente conséquemment les mêmes carences de désign que celles soulignées par Wager (1982), Gagné (1981) ou Park et Tennyson (1981).

* * * * *